

2. Цуканов, Ю.А. Обработка резанием древесностружечных плит / Ю.А. Цуканов, В.В. Амалицкий. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 96 с.

3. Глебов, И.Т. Резание древесины: учеб. пособие / И.Т. Глебов. – СПб: Лань, 2010. – 256 с.

4. Рудак, П.В. Энерго- и ресурсосберегающие режимы обработки облицованных древесностружечных плит концевыми фрезами: автореф. дис. ... на соискание ученой степени канд. техн. наук / П.В. Рудак. – Минск: БГТУ, 2010. – 22 с.

УДК 674.05:621.9

И.Т. Глебов

(I.T. Glebov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: GIT5@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОЙ ФРЕЗЫ

DESIGN TEAM MILLS

На основании анализа сделан вывод: сборную фрезу с клиновым креплением ножей следует проектировать так, чтобы ее параметры в процессе эксплуатации не менялись. Допускается уменьшение ширины ножей в результате их переточки.

Based on the analysis concluded: team cutter with wedge fastening knives should be designed so that its parameters during operation have not changed. The width of the blades may be reduced as a result of regrinding.

Для фрезерования древесины часто используют сборные фрезы и ножевые валы различной конструкции. Часто используются насадные сборные фрезы, включающие корпус с посадочным отверстием и пазами, в которые вставлены ножи, клинья и винты. Для проектирования фрезы необходимо знать соотношение масс ножа и клина узла крепления ножа. В нормативной литературе указано только, что масса клина должна быть больше массы ножа.

В расчетной схеме указаны центры масс ножа и клина, к которым приложены центробежные силы. Центры масс привязаны к центру вращения фрезы полярными радиусами и полярными углами в системе координат ХОУ. По схеме составлено уравнение равновесия системы сил, получено уравнение для определения массы клина. Получены уравнения для координат центров масс ножа и клина, уравнения для нахождения полярных углов и полярных радиусов. Предложена методика расчета массы клина, показанная на примере.

Для механической обработки древесины на станках используют разнообразные конструкции сборных фрез и ножевых валов, в которых применяют разные варианты клинового крепления ножей [1, 2]. Часто используется сборная фреза, состоящая из корпуса 1 (см. рисунок) с посадочным отверстием и пазами, в которые вставлены ножи 4, клинья 3 с винтами 2. Винты 2 обеспечивают монтажное крепление ножей.

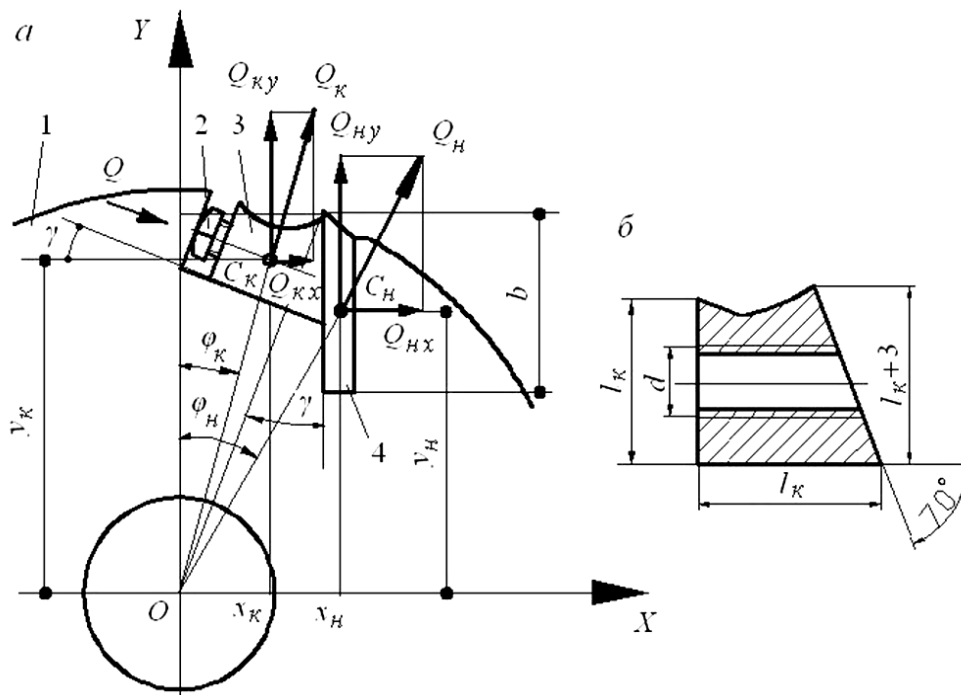


Схема к расчету клинового крепления ножа:

a – расчетная схема; *б* – клин

Возникающие при вращении фрезы центробежные силы стремятся вырвать нож из паза. Этому препятствуют силы трения. Причем чем больше центробежные силы, тем больше силы трения.

Методика определения монтажного усилия Q , создаваемого винтами, известна [3]. Остается неясной, каково должно быть соотношение масс ножа и клина в механизме крепления. В ГОСТе Р 53927-2010 отмечено, что масса клина должна быть больше массы ножа.

При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы Q_k и Q_n , приложенные в центрах масс клина и ножа, положение которых определяется полярными координатами: полярными радиусами r_k и r_n в системе координат XOY и полярными углами φ_k , φ_n . Полярные радиусы равны расстоянию от центра вращения O фрезы до центров тяжести клина и ножа соответственно: $r_k = OC_k$; $r_n = OC_n$. Полярные углы отражают наклон полярных радиусов относительно оси OY .

Центробежные силы равны, Н:

$$Q_k = m_k \omega^2 r_k; Q_n = m_n \omega^2 r_n,$$

где m_k , m_n – масса клина и ножа соответственно, кг;

ω – угловая частота вращения фрезы, $\omega = \pi n / 30 \text{ с}^{-1}$.

Найдем проекции действующих сил на оси координат X и Y , если ось Y параллельна передней грани ножа.

$$Q_{kx} = m_k \omega^2 r_k \sin \varphi_k; Q_{nx} = m_n \omega^2 r_n \sin \varphi_n; Q_x = Q \cos \gamma; \quad (1)$$

$$Q_{ny} = m_n \omega^2 r_n \cos \varphi_n, \quad (2)$$

где φ_k , φ_n – полярные углы, под которыми наклонены к оси OY полярные радиусы центров масс клина и ножа соответственно;

Q – монтажный зажим ножа клином всеми винтами.

Под действием силы Q_{ny} нож стремится вылететь из паза корпуса. Этому препятствуют силы трения ножа по стенке паза и по поверхности клина. При коэффициенте трения f ($f = 0,12-0,18$) и коэффициенте запаса $\alpha = 1,3-1,5$ условие равновесия ножа можно записать так:

$$Q_{ny} = \frac{f}{\alpha} (Q_{nx} + 2Q_{kx} + 2Q_x) \quad (3)$$

С учетом уравнений (1) и (2) получим:

$$m_k = \frac{m_n \omega^2 r_n (\alpha \cos \varphi_n - f \sin \varphi_n) - 2fQ \cos \gamma}{2f\omega^2 r_k \sin \varphi_k} \quad (4)$$

Найдем полярные углы ножа φ_n и клина φ_k , а также полярные радиусы действия этих сил r_n и r_k (рис. 1).

По рисунку найдем координаты центра массы ножа $C_n(x_n, y_n)$ в осях координат X и Y:

$$\begin{cases} x_n = r_n \sin \varphi_n; \\ x_n = R \sin \gamma + \frac{c}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

где c – толщина ножа, мм;
 γ – передний угол ножа.

Отсюда

$$r_n = \frac{R \sin \gamma + c/2}{\sin \varphi_n}, \quad (6)$$

$$\begin{cases} y_n = R \cos \gamma - b/2; \\ y_n = r_n \cos \varphi_n. \end{cases} \quad (7)$$

Отсюда

$$r_n = \frac{R \cos \gamma - b/2}{\cos \varphi_n}. \quad (8)$$

Из (6) и (8) получим:

$$\varphi_n = \arctg \left(\frac{R \sin \gamma + c/2}{R \cos \gamma - b/2} \right). \quad (9)$$

Найдем координаты центра массы клина $C_k(x_k, y_k)$:

$$\begin{cases} x_k = r_k \sin \varphi_k; \\ x_k = R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma, \end{cases} \quad (10)$$

где $l_k = (1,5-2)d$;

d – диаметр стержня винта, ввертываемого по резьбе в клин (см. рисунок).

По теории деталей машин глубина ввертывания винта должна быть приблизительно равна диаметру винта (по ГОСТу Р 52401-2005 – глубина ввертывания должна быть не менее пяти шагов резьбы, мелкий шаг резьбы не допускается; для винта М10, например, глубина ввертывания – не менее 7,5 мм). Зазор между задней поверхностью клина и опорной поверхностью корпуса фрезы не должен превышать 7 мм. Учитывая возможность свободного перемещения зажимного винта, размеры поперечного сечения клина приняты такими, которые указаны на рисунке.

Из (10) получим:

$$r_k = \frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{\sin \varphi_k}, \quad (11)$$

$$\begin{cases} y_k = r_k \cos \varphi_k; \\ y_k = R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma. \end{cases} \quad (12)$$

Отсюда

$$r_k = \frac{R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{\cos \varphi_k}. \quad (13)$$

Из (11) и (13) получим

$$\varphi_k = \arctg \left(\frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma} \right). \quad (14)$$

Проведем анализ уравнения (4) на примере.

Дано:

диаметр сборной фрезы $D = 140$ мм. Ширина ножа $b = 40$ мм, толщина $c = 4$ мм, длина $l = 17$ см, передний угол ножа $\gamma = 20^\circ$. Клин: диаметр зажимного винта $d = 10$ мм, ширина основания клина $l_k = (2d; 1,7d; 1,5d)$. Частота вращения фрезы $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$. Монтажный зажим ножа тремя винтами $Q = 9000$ Н. Коэффициент запаса $\alpha = 1,3$, коэффициент трения $f = 0,15$. Плотность стали $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Найти массы клина и ножа.

Решение:

1. Определим массу стального ножа длиной 0,17 м, кг:

$$m_n = \nu \rho,$$

где ν – объем ножа, м^3 ,
 ρ – плотность стали.

$$m_n = 0,04 \cdot 0,004 \cdot 0,17 \cdot 7800 = 0,2122 \text{ (кг)}$$

2. Найдем полярный угол наклона центра массы ножа, рад:

$$\varphi_n = \arctg\left(\frac{R \sin \gamma + c/2}{R \cos \gamma - b/2}\right) = \arctg\left(\frac{0,07 \cdot \sin 20^\circ + 0,004/2}{0,07 \cdot \cos 20^\circ - 0,04/2}\right) = 0,516.$$

3. Найдем полярный радиус центра массы ножа, м,

$$r_n = \frac{R \sin \gamma + c/2}{\sin \varphi_n} = \frac{0,07 \cdot \sin 20^\circ + 0,04/2}{\sin 0,516} = 0,053.$$

Найдем полярный угол наклона центра массы клина (рад) при $l_k = (2d; 1,7d; 1,5d)$, $d = 0,01$ м:

$$\begin{aligned} \varphi_k &= \arctg\left(\frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}\right) = \\ &= \arctg\left(\frac{0,07 \sin 20^\circ - 0,409 \cdot 2 \cdot 0,01 \cdot \cos 20^\circ}{0,07 \cdot \cos 20^\circ - 0,409 \cdot 2 \cdot 0,01 \cdot \cos 20^\circ}\right) = 0,242. \end{aligned}$$

При $l_k = 2d$ $\varphi_k = 0,242$ рад;

при $l_k = 1,7d$ $\varphi_k = 0,259$ рад;

при $l_k = 1,5d$ $\varphi_k = 0,270$ рад.

5. Найдем полярный радиус центра массы клина, м,

$$\begin{aligned} r_k &= \frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{\sin \varphi_k} = \\ &= \frac{0,07 \cdot \sin 20^\circ - 0,409 \cdot 2 \cdot 0,01 \cos 20^\circ}{\sin 0,242} = 0,068. \end{aligned}$$

При $l_k = 2d$ $r_k = 0,068$ м;

при $l_k = 1,7d$ $r_k = 0,068$ м;

при $l_k = 1,5d$ $r_k = 0,068$ м.

6. Находим массу клина, если угловая частота вращения фрезы, c^{-1} ,

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 5000}{30} = 523,6; \\ m_k &= \frac{m_n \omega^2 r_n (\alpha \cos \varphi_n - f \sin \varphi_n) - 2fQ \cos \gamma}{2f\omega^2 r_k \sin \varphi_k} = \\ &= \frac{0,2122 \cdot 523,6^2 \cdot 0,053 \cdot (1,3 \cdot \cos 0,516 - 0,15 \cdot \sin 0,516) - 2 \cdot 0,15 \cdot 9000 \cdot \cos 20^\circ}{2 \cdot 0,15 \cdot 523,6^2 \cdot 0,068 \cdot \sin 0,242} = 0,52 \text{ (кг)}. \end{aligned}$$

При $l_k = 2d$ $m_k = 0,52$ кг;

при $l_k = 1,7d$ $m_k = 0,49$ кг;

при $l_k = 1,5d$ $m_k = 0,47$ кг.

7. Ширина основания клина, м:

$$l_k = \frac{2(m_k + 9906d^2l \sin \gamma)}{15600dl} = \frac{2(0,52 + 9906 \cdot 0,01^2 \cdot 0,17 \cdot \sin 20^\circ)}{15600 \cdot 0,01 \cdot 0,17} = 0,027.$$

При $l_k = 2d$ $l_k = 27$ мм;

при $l_k = 1,7d$ $l_k = 24$ мм;

при $l_k = 1,5d$ $l_k = 23$ мм.

Для сравнения у клина, взятого со станка, основание $l_k = 19$ мм.

Влияние параметров

1. Увеличим усилие прижима клина винтами в 1,256 раз ($Q_1 = 1,256Q = 1,256 \cdot 9000 = 11300$ Н). Масса клина уменьшится до 0,04 кг, то есть на 92 %.

2. Увеличим ширину ножа в 1,5 раза (м). При массе ножа 0,32 кг масса клина увеличивается до 0,88 кг, то есть на 67 %.

3. Увеличим толщину ножа в 1,5 раза ($c_1 = 1,5c = 1,5 \cdot 0,004 = 0,006$ м). При массе ножа 0,32 кг масса клина увеличивается до 1,7 кг, то есть на 232 %.

4. Увеличим радиус фрезы в 1,5 раза ($R_1 = 1,5R = 1,5 \cdot 0,07 = 0,105$ м). При массе ножа 0,21 кг масса клина увеличивается до 1,33 кг, то есть на 155 %.

Вывод

Сборную фрезу с клиновым креплением ножей следует проектировать так, чтобы ее параметры в процессе эксплуатации не менялись. Допускается уменьшение ширины ножей в результате их переточки.

Библиографический список

1. ГОСТ Р53922-2010. Фрезы насадные сборные с корпусами из легких сплавов с механическим креплением сменных режущих пластин для обработки древесины и композиционных древесных материалов. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
2. ГОСТ Р52401-2005. Инструмент дереворежущий насадной для станков с ручной подачей. – М.: Стандартинформ, 2005. – 7 с.
3. Глебов, И.Т. Справочник по дереворежущему инструменту / И.Т. Глебов. – СПб: Лань, 2015. – 224 с.